

FABIANO CRISTOPOLISKI

**EFEITO TRANSIENTE DE UMA SESSÃO DE EXERCÍCIOS DE FLEXIBILIDADE
SOBRE A MARCHA DE IDOSAS**

Monografia apresentada à disciplina Seminário de Monografia, para a conclusão do Curso de Licenciatura em Educação Física, Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

ORIENTADOR: Profº ANDRÉ LUIZ FÉLIX RODACKI, PhD

“Confie a DEUS o que faz, e seus projetos se realizarão” (Provérbios:16,3).

“A sabedoria do homem sagaz é discernir o seu próprio caminho [...]” (Provérbios:14,8).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, pois sem Ele...

Especialmente a meus pais, pois sem os seus incansáveis esforços e inegável apoio, o meu sonho de poder cursar, e concluir, uma universidade seria impossível. Pai... mãe... AMO VOCÊS.

Aos grandes e eternos amigos e familiares (Roberto e Júnior, grandes irmãos e melhores amigos; Erick, Digão, Clevinho, Brunão, Eduardo, Daniel, Jorge, Gerson, Isabel e demais amigos pré-faculdade, obrigado por sempre que possível me tirarem de rotina; a demais membros das famílias Araújo e Cristopoliski, valeu a força!!!) que sempre me deram apoio, carinho e encorajamento para superar as dificuldades.

Aos amigos que fiz ao longo de quatro anos dentro da universidade, (Flavito, Fortes, Longati, Jader, Grupo Vazio (Y), Quarteto Fantástico (Y), Jú, Fer, Hellen, Grazi, Flavinha e demais amigos da turma Y, X, W e T) vocês foram essenciais para o meu crescimento com profissional e como pessoa. Torço muito pelo sucesso de cada um de vocês e espero contar com vocês sempre!!!

Aos professores da UFPR, obrigado por compartilharem comigo os seus conhecimentos. Agradeço, em especial, ao professor André L. F. Rodacki e demais professores do CECOM pelos inestimáveis ensinamentos, conselhos e críticas fazendo com que a monografia chegasse a esse nível. Espero ser digno de um dia poder estar no lugar onde estão.

Obrigado a UFPR, por me proporcionar experiências que me fizeram crescer como pessoa mais culta e crítica.

Obrigado a Casteval Construção e Incorporação LTDA, pelos constantes apoios ao longo de quatro anos de caminhada.

Reservo esse último parágrafo para agradecer às pessoas que, por eventualidade da atual correria, acabei esquecendo. Não tenho vocês na cabeça pois os guardo no meu coração.

SUMÁRIO

Listas de tabelas.....	vi
Lista de figuras.....	vii
RESUMO.....	viii
CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO.....	1
CAPITULO 2 – OBJETIVOS e HIPÓTESES.....	3
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	3
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	3
2.3. HIPÓTESES.....	3
CAPITULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1. A MARCHA.....	4
3.1.1. características da marcha.....	4
3.1.2. valores cinemáticos da marcha.....	5
3.1.3. principais diferenças entre jovens adultos e idosos na marcha.....	7
3.1.4. os idosos e as quedas durante a marcha.....	9
3.2. A FLEXIBILIDADE.....	12
3.2.1. relação entre envelhecimento e flexibilidade.....	14
3.2.2. fatores que influenciam a flexibilidade.....	16
3.3. A MARCHA INFLUENCIADA PELA FLEXIBILIDADE.....	17
CAPITULO 4 – METODOLOGIA	19
4.1. POPULAÇÃO/AMOSTRA.....	19
4.2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	19
4.3. PROTOCOLO DO ALONGAMENTO.....	20
4.4. MODELO BIOMECÂNICO.....	20
4.5. VARIÁVEIS DO ESTUDO.....	21
4.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	23
CAPITULO 5 – RESULTADOS.....	24
CAPITULO 6 – DISCUSSÃO.....	29
CAPITULO 7 – CONCLUSÃO.....	34
CAPITULO 8 – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	35
ANEXOS.....	40
ANEXO 1 - PROTOCOLO DOS EXERCÍCIOS DE FLEXIBILIDADE.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quadro resumo das variáveis cinemáticas da marcha.....	23
Tabela 2 – Variáveis cinemáticas de sujeitos idosos antes (PRE) e após (POS) uma sessão de exercícios de flexibilidade dos músculos flexores e extensores do da articulação do quadril.....	24
Tabela 3 – Valores dos ângulos da pelve e das articulações durante o <i>mid-swing</i>	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo biomecânico bidimensional.....	22
Figura 2 – Média agrupada da variação angular da pelve (PIP) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.....	25
Figura 3 – Média agrupada da variação angular do quadril (PEQ e PFQ) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.....	25
Figura 4 – Média agrupada da variação angular da coxa (PEC e PFC) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.....	26
Figura 5 – Média agrupada da variação angular do joelho (PFJ e ATMJ) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.....	27
Figura 6 – Média agrupada da variação angular da articulação do tornozelo (PFDT e ATMT) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.....	27

RESUMO

O estudo objetivou verificar o efeito transiente de uma sessão de exercícios de flexibilidade dos músculos extensores e flexores do quadril sobre a marcha de indivíduos idosos. Um grupo de cinco mulheres idosas foi analisado. A marcha dos sujeitos foi analisada antes e depois dos exercícios. O protocolo consistiu em uma sessão de três séries de exercícios de flexibilidade de trinta segundos, feitos para os músculos flexores e extensores da articulação do quadril. O método utilizado foi o estático. Após a sessão de flexibilidade, a marcha dos sujeitos apresentou menor pico de inclinação anterior da pelve, maior pico de extensão e amplitude total de movimento da articulação do quadril, maior amplitude de movimento do joelho com maior ângulo de flexão durante o *mid-swing* e maior altura de separação do pé ao solo (aumento esse de 28%). Os resultados mostram que logo após uma sessão de exercícios de flexibilidade os sujeitos idosos executam a marcha de maneira mais segura, com relação ao risco de quedas, e próxima ao padrão de um adulto jovem.

Palavras-Chave: Idosas, Flexibilidade e Marcha.

1. INTRODUÇÃO

O processo do envelhecimento é caracterizado pela redução gradativa da eficiência do aparelho locomotor, que ocorre pela diminuição da força e massa muscular, assim como diminuições na flexibilidade (SHAGOLD et al., 1994). Tais alterações podem modificar os padrões coordenativos de atividades cotidianas (WINTER, 1991; PRINCE et al., 1997; MURRAY et al., 1969). A marcha é a atividade mais comum que o ser humano realiza (WINTER, 1991), e é uma habilidade motora fundamental para a locomoção que é automatizada aproximadamente aos sete anos de idade (VIEL, 2001) e permanece relativamente estável por quase toda a vida (WINTER, 1991). Todavia, estudos têm mostrado que o padrão da marcha em idosos difere do padrão encontrado em adultos jovens (VIEL, 2001; WINTER, 1991; MURRAY et al., 1969; PRINCE et al., 1997). Acredita-se que tais diferenças estejam relacionadas à perda progressiva da amplitude das articulações, que ocorre principalmente pela deterioração dos tecidos conjuntivos periarticulares (PRINCE et al., 1997). Feland et al. (2001a) considera o tecido conjuntivo um dos importantes fatores limitantes da flexibilidade músculo-esquelética.

O encurtamento e a fraqueza dos músculos extensores do quadril podem limitar a amplitude de flexão (FELAND et al., 2001a, 2001b; BANDY et al., 1994, 1997; SHAGOLD, 1994; SPIRDUZO, 1995; WIEMANN et al., 1997) e reduzir os movimentos de extensão articular (KERRIGAN, 2001). Acredita-se que tal redução é compensada por um aumento na inclinação anterior da pelve que desloca anteriormente o centro de gravidade e causa instabilidade durante a marcha (KERRIGAN et al., 2003; WINTER, 1991; KERRIGAN et al., 1998). A redução do comprimento músculo-tendíneo dos flexores da articulação do quadril também pode constituir em um fator limitante no desempenho da marcha. Os músculos flexores do quadril podem reduzir a amplitude de hiperextensão articular e, conseqüentemente, limitar a amplitude da passada (KERRIGAN et al., 2003).

Estas alterações, associadas a problemas degenerativos (ex.: osteoartrite) e ortopédicos (ex. aumento na curvatura da cifose) podem alterar o padrão da marcha no idoso (HIROSE et al., 2004), o que aumenta o risco de quedas (TIDEIKSAR et al., 1996; WATELAIN et al., 2001). Tropeços, uma das principais causas das quedas, ocorrem com mais frequência em idosos (BERG et al., 1997) e acontecem quando

uma força externa interrompe a trajetória da perna que está na fase aérea (WINTER, 1992). A manutenção da funcionalidade dos músculos que atuam ao redor da articulação do quadril possui um papel importante sobre o padrão da marcha dos idosos. Desta forma, estratégias que visem reduzir a perda de flexibilidade ao redor do quadril são relevantes. Portanto, este estudo busca investigar os efeitos de uma sessão de flexibilidade dos músculos flexores e extensores do quadril sobre o padrão da marcha em idosos. Os resultados desta investigação podem auxiliar médicos, fisioterapeutas e professores de educação física a melhorar a capacidade funcional e a qualidade de vida na terceira idade.

2. OBJETIVOS e HIPÓTESES

2.1. OBJETIVO GERAL

Verificar o efeito transiente de uma sessão de exercícios de flexibilidade dos músculos extensores e flexores da articulação do quadril sobre a marcha de indivíduos idosos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar as alterações de um conjunto de variáveis cinemáticas da marcha em resposta a uma sessão de exercícios de flexibilidade.

2.3. HIPÓTESES

Para cumprir os objetivos deste estudo, um número de hipóteses foi levantado.

H₁ – A pelve apresenta menor inclinação anterior em função uma sessão de exercícios de flexibilidade;

H₂ – A articulação do quadril e apresenta maior pico de extensão e amplitude total de movimentação, após uma sessão de exercícios de flexibilidade;

H₃ – Devido aos exercícios de flexibilidade, a articulação do joelho apresentará maior pico de flexão e amplitude total de movimentação;

H₄ – A articulação do tornozelo não sofrerá modificações em suas variáveis cinemáticas após os exercícios de flexibilidade;

H₅ – Os idosos apresentaram maior comprimento da passada após uma sessão de exercícios de flexibilidade.

H₆ – Após os exercícios de flexibilidade, a menor inclinação anterior e maior flexão da articulação do joelho permitirá uma maior altura do pé em relação ao solo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. A MARCHA

3.1.1. Características da marcha

A marcha nada mais é que a caminhada que uma pessoa executa de maneira inconsciente. Numa amplitude, frequência e velocidade própria (ZATSIORSKY, 1998; KENDALL et. al, 1993). Allard et al. (1995) relatam que há mais estudos feitos sobre uma marcha normal do que em sujeito com patologias. Mas descreve dois bons motivos para isso acontecer: fornece bases para o entendimento da marcha executada por pessoas com patologias e fornece dados normais que vão de encontro aos dados coletados de patologias, podendo então ser comparados. Descrever especificamente o que seria um padrão de marcha é algo ainda não feito, pois existem inúmeras variáveis a serem analisadas e mesmo por que a marcha é algo muito particular. Para isso seria necessário mensurar centenas de sujeitos para adequar de maneira fidedigna os valores normais da marcha.

Mas para todo o tipo de marcha existe um padrão descritivo que Allard et al. (1995) e Winter (1991) colocam como sendo o envolvimento da identificação dos números de eventos que ocorrem durante um ciclo de marcha, ao qual é definido como o intervalo de tempo entre qualquer evento que se repete na caminhada, tipicamente isso é definido entre o contato de um pé no solo e um novo contato deste mesmo pé no solo. O ciclo da marcha é dividido, para cada pé, na fase denominada de *stance phase* (quando o pé está em contato como solo) e *swing phase* (quando o pé não está em contato com o solo) (ZATSIORSKY, 1998; ALLARD et al., 1995; WINTER, 1991). Em indivíduos normais, a fase de apoio ou postura (*stance phase*) começa quando o calcanhar entra em contato com o solo. Na sequência vem o evento que é chamado de *foot-flat (pé plano)*, quando todo o pé está em contato com o solo. A fase seguinte é a qual o pé que está na fase aérea (*swing phase*) passa, no plano sagital, pelo pé que se encontra na fase de apoio, e é chamada de *mid stance (postura média)*. Até aqui já foram completados cerca de 30% do ciclo da marcha. Em seguida vem o evento chamado de *heel-off*, aonde o calcanhar vai perdendo contato com o solo e o peso do corpo começa a ser colocado na perna da frente. A fase de apoio termina no evento chamado de *toe-off*

ou *push-off* (quando o pé deixa por completo o solo), onde o sujeito se encontra em torno de 60% do ciclo.

A partir daqui, começa a fase aérea ou de balanço, onde ela é dividida em fase de aceleração e desaceleração. Dividindo as duas fases existe o evento chamado de *mid swing* (*balanço médio*), correspondendo evento da postura média, onde é o tempo onde os pés estão lado a lado. Aqui cerca de 80% do ciclo da marcha foram completados. Entre a fase aérea (*swing phase*) e a de contato com o solo (*stance phase*) existe a situação em que o sujeito fica com os dois pés apoiados sobre o solo, qual é chamada de *tempo de duplo apoio* (*double-support time*). Existe, por consequência, o *tempo de simples apoio* (*single-support time*) ao qual é destinado ao pé que está na fase de postura (MOTA et al., 2002; ALLARD et al., 1995; WINTER, 1991). Viel (2001) relata que desde a idade al qual se começa a caminhar, o padrão de marcha é desenvolvido rapidamente no primeiro ano de vida, mas para que se chegue ao padrão de um adulto leva-se essencialmente até quatro anos da prática da caminhada. Muito é relatado que com a maturação e o tempo, muda-se algumas variáveis da caminhada como cadência (passos por minuto), velocidade e comprimento da passada. Allard et al. (1995) relatam que com o avanço da idade a incidência da existência de patologias é maior, fazendo com que essa faixa etária apresente um padrão anormal de caminhada. Em algumas variáveis, os valores cinemáticos associados ao avanço da idade nas mulheres mudam numa escala linear através das décadas. O ângulo do joelho na distância média no apoio (*midstance*) aumenta, em média, $5,5^\circ$ por década. E ocorre uma queda de aproximadamente $7,5^\circ$ na sua angulação na fase aérea (OBERG et al., 1994).

3.1.2. Valores cinemáticos da marcha

Cinemática é o termo usado para descrever o movimento em si, independente das forças, tanto internas quanto externas que causaram esse movimento (WINTER, 1991). A cinemática envolve cinco principais variáveis: características temporais do movimento; posição ou localização; deslocamento; velocidade; e aceleração. As ultimas quatro variáveis podem ser expressas nas formas lineares e angulares, dando suas descrições cinemáticas (WHITING et al., 1998). E quando se fala de

marcha, relata-se um evento repetitivo, ao qual um ciclo (passada) é usado como o tempo de período para descrever o movimento (WINTER, 1991).

Quando a marcha é quantificada, diversas variáveis podem ser calculadas, das quais essas são as mais comumente usadas Mota et al. (2002) e Winter (1991):

VARIÁVEIS TEMPORAIS

Tempo de duplo apoio: tempo em que os dois pés estão em contato com o solo durante um ciclo do andar, vai do contato inicial do calcanhar de um dos pés até a retirada do pé contralateral. Em ciclo há dois duplos apoios.

Tempo de apoio simples: tempo em que somente um dos pés está em contato com o solo; vai do contato do calcanhar até a retirada deste mesmo pé do solo. Em um ciclo há um apoio simples (direito ou esquerdo)

Tempo do passo: tempo entre o contato inicial do calcanhar de um dos pés até o calcanhar inicial do pé contralateral. Existe o tempo do passo direito e o tempo do passo esquerdo.

Tempo de balanço: tempo em que o pé está no ar, inicia no momento em que os dedos começam a deixar o solo até o início do contato calcanhar-solo. Existe tempo de balanço esquerdo e direito.

Tempo total do ciclo (ou passada): tempo entre dois toques sucessivos de um ponto de referencia de um mesmo pé.

VARIÁVEIS ESPACIAIS

Comprimento do passo: distância entre o contato inicial do calcanhar de um pé até o contato do calcanhar do pé contralateral., na direção do deslocamento. Existem CP direito e esquerdo.

Comprimento do ciclo ou passada: distancia entre o contato inicial do calcanhar de um pé até o próximo contato do calcanhar do mesmo pé, na direção do deslocamento, ou seja, dois toques sucessivos do mesmo pé. Cada passada é composta por um comprimento do passo direito e um do passo esquerdo.

Cadência: número de passos por minuto.

Velocidade: velocidade média atingida depois de aproximadamente três passos (m/min.).

3.1.3. Principais diferenças entre jovens adultos e idosos na marcha.

Estudos têm mostrado que o padrão da marcha em idosos é diferente do padrão encontrado em adultos jovens (VIEL,2001; WINTER,1991; WATELAIN et al.,2000). Observou-se que os idosos apresentam uma velocidade menor, principalmente em detrimento de um menor comprimento de passada, portanto, de uma menor amplitude de movimento (WATELAIN et al., 2000; WINTER, 1991; PRINCE et al., 1997; RILEY et al., 2001). Judge et al. (1996) e Watelain et al. (2000) encontraram uma redução na geração de força por parte do quadril e tornozelo no fim da fase de apoio (push-off) e uma redução no comprimento do passo e velocidade da marcha em idosos. A primeira autora afirma que há relação entre os resultados encontrados. Kerrigan et al. (2001 e 2003) e Riley et al. (2001) completam essa afirmação expondo que a redução na extensão do quadril, em parte pela inclinação anterior da pelve, em especial no plano sagital (HIROSE et al., 2004), pode ser o mecanismo fundamental e diminuição do comprimento da passada e da velocidade de marcha em idosos. Spirduzo (1995) entende que os idosos não aumentam o comprimento da passada devido à baixa flexibilidade destas articulações ou equilíbrio comprometido. Judge et al. (1993) e Puggaard (2003) relatam que um curto programa de exercícios podem aumentar a velocidade da marcha em idosos não associado a melhora da inclinação da pelve. Assim, a maior inclinação da pelve em idosos, também evidenciada por Winter (1991), se dá pela necessidade de pôr os músculos extensores do quadril em um comprimento mais favorável, assim encontrando um ponto de equilíbrio para “despistar” a perda desta musculatura associada à idade (PRINCE et al., 1997). Lee et al. (1997) e Judge et al. (1996) afirmam que essas alterações cinemáticas podem ser influenciadas por modificações cinéticas, onde a queda na força de extensão do quadril pode produzir uma grande inclinação anterior da pelve durante a marcha. No entanto Kerrigan et al. (1998) discordam e relatam que os idosos podem voluntariamente aumentar os momentos e as forças de quadril, joelho e tornozelo quando solicitados a andar rápido, sugerindo que os fatores cinéticos não limitaram suas performances.

Quanto à cadência, existe uma grande disparidade na exposição dos resultados, e por isso tal variável não entra como motivo de investigação deste estudo. Há estudos que mostram valores, da cadência, maiores em idosos na velocidade confortável da marcha (JUDGE et al., 1996; WATELAIN, 2000). Outros

não encontraram diferenças (RILEY et al., 2001; KERRIGAN et al., 1998; KANAVAGH et al., 2004). Já outros encontraram valores menores (SADEGHI et al., 2002; MURRAY et al., 1969; WINTER, 1991). Sadeghi et al. (2002) argumentam que a menor cadência em idosos se encontra no papel dos músculos flexores e extensores do joelho, onde são somente responsáveis pelo controle do equilíbrio na marcha em idosos, e em adultos jovens serviu tanto para o controle do equilíbrio como para a assistência na propulsão dos membros inferiores. Então: “Uma adequada força muscular e coordenação entre quadril, joelho e tornozelo são essenciais para o equilíbrio e propulsão dos membros inferiores” (SADEGHI et al., 2002).

Brown et al. (2002) afirmam que essas mudanças cinemáticas nas articulações são resultado da imposição de uma postura instável durante a marcha. E em consequência da instabilidade, os idosos são mais interessados no alcance de uma base estável de suporte para controlar a ação do quadril (WATELAIN et al., 2000). Então, manter uma postura normal é essencial para preservar a habilidade dos idosos em executar a marcha (HIROSE et al., 2004). Alguns dos mecanismos usados para que o idoso alcance essa base estável durante a marcha se encontra no aumento da largura entre os pés, fato evidenciado por Owings et al. (2003 e 2004) e Murray et al. (1969) e no aumento do tempo de duplo suporte e diminuição do tempo gasto na fase aérea durante a marcha (PRINCE et al., 1997; WINTER, 1991; MURRAY et al., 1969; HUNT et al., 1994b), principalmente naqueles que já tem histórico de quedas (KEMOUN et al., 1999). Kerrigan et al. (1998) entendem que além do tempo de duplo suporte, o comprimento do passo pode ser considerado como medição geral da estabilidade.

Em um estudo que compara estabilidade da marcha e o avanço da idade, Brown et al. (2002) fizeram com que jovens e idosos caminhassem em condições pouco favoráveis de equilíbrio, relatando que as diferenças observadas entre as idades nas alterações dos padrões de marcha (os idosos mostram ter uma grande redução da amplitude de movimento e velocidades angulares das articulações) ocorrem porque os efeitos de ansiedade foram maiores em idosos do que em jovens.

Mas em condições normais de caminhada, das diversas diferenças encontradas, entre idosos e adultos jovens, na marcha, as que persistiram independentes da velocidade da marcha dos idosos foram: o menor pico de

extensão do quadril, aumentando a inclinação anterior da pelve; a redução na flexão plantar e geração de força do tornozelo (KERRIGAN et al., 1998); a maior velocidade de contato do calcanhar com o solo (MILLS et al., 2001; WINTER, 1991) e maior tempo de fase de apoio (MURRAY et al., 1969) por parte deste grupo, identificando que essas são as principais variáveis que influenciam e diferem a marcha dos idosos dos adultos jovens.

3.1.4. Os idosos e as quedas durante a marcha.

As quedas são a maior causa de morbidez entre os idosos. Tanto, que cerca de 90% das fraturas de quadril são em decorrência de uma queda (SPIRDUZO, 1995; PRINCE et al., 1997), acidente considerado muito comum entre os idosos (WHITING et al., 1998). Considera-se que entre 31% e 53% destas são consequências dos idosos andarem ligeiro (BERG et al., 1997; PRINCE et al., 1997). Além disso, a execução da marcha, independente de velocidade, perfaz um total de 48% das quedas em idosos, 24% em superfícies sem obstáculos e 24% em superfícies com diferentes níveis (BERG et al., 1997). De fato, existe uma alta correlação entre as quedas e atividades que requerem a extensão do quadril e a flexão plantar do tornozelo, como a caminhada (KERRIGAN et al., 1998).

Durante 80% de um ciclo completo da marcha, o indivíduo se encontra em uma condição de simples apoio, tendo o seu centro de gravidade lançado à frente, gerando assim uma instabilidade e menor controle sobre os movimentos. Principalmente entre os idosos, que já têm o balanço médio-lateral na marcha comprometido (LAUGHTON et al., 2003), aumenta-se muito a probabilidade de que interferências externas nessa fase – como a colisão do pé com um objeto, ou alterações da superfície do solo - criem momentos que não possam ser corrigidos a tempo de se evitar a queda (WINTER, 1991 e 1992; BUZZI et al., 2003). Há autores que corroboram com tal afirmação expondo que a perda no controle do equilíbrio durante a marcha tanto em homens quanto em mulheres (FELAND et al., 2001b; TIDEIKSAR, 1996), com mais de 70 anos de idade (SADEGHI et al., 2002), como a recuperação por uma ameaça de instabilidade produzida exteriormente, ou seja, um tropeço (WOOLLACOTT et al., 2002), requer maior atenção em idosos, mas especialmente em mulheres (BERG et al., 1997), pois estas são situações que relevante número de idosos sofrem quedas. Esse fato se torna mais evidente

quando uma pessoa caminha executando uma segunda tarefa que requer maior atenção cognitiva (WOOLLACOTT et al., 2002), na existência de uma artrite na coluna cervical (VERNON, 1999) ou a simples distração de não olhar para onde anda (BERG et al., 1997) pode interferir na recuperação postural levando à queda. Não só os tropeços, como os escorregões, que perfazem juntos 59% do todo (BERG et al., 1997), são a maior causa da freqüência de quedas em idosos, dentro de casa principalmente (VERNON, 1999).

Os escorregões estão principalmente ligados ao fato de que os idosos têm uma maior velocidade de contato do calcanhar no solo, independente da velocidade da marcha (WINTER, 1991; MILLS et al., 2001) e superfícies que tem pouca aderência (BERG et al., 1997; HONEYCUTT et al., 2002). Tal diferença pode explicar porque os escorregões são relevantes nas causas de quedas dos idosos (MILLS et al., 2001), principalmente em homens (BERG et al., 1997). Essa situação é explicada por Watelain et al. (2000) onde a menor geração de força no *push-off*, requer um menor controle do joelho na sua projeção para frente, o qual pode direcionar para uma velocidade maior do pé, resultando no aumento do risco de quedas.

É importante ressaltar que o comprometimento da visão; a baixa iluminação; o hipotireoidismo; uso de medicamentos, como sedativos e psicotrópicos; a osteoporose; a artrite no joelho; hipotensão postural; a redução da estabilidade na posição ortostática; pouca atividade física; as disfunções cognitivas, como depressão e ansiedade; e problemas cardiovasculares também são rotulados como fatores para a ocorrência das quedas em idosos (HONEYCUTT et al., 2002; TIDEIKSAR, 1996; VERNON, 1999; COOK-SHUMWAY et al., 1995).

Para evitar esse aumento na ocorrência das quedas, os idosos, principalmente aqueles que têm histórico de quedas ¹, usam a estratégia de *feet-in-place* (pé no lugar) para estabilizar a sua marcha (WOOLLACOTT et al., 2002). Outra estratégia usada pelos idosos como um todo para manter o equilíbrio e evitando a oscilação médio-lateral, é aumentar a co-ativação do músculo vasto lateral e tibial anterior, que tem um déficit de força com o envelhecimento (LAUGHTON et al., 2003). Tal déficit faz com que idosos co-ativem muito mais seus músculos antagonistas junto aos agonistas comparados a adultos jovens, diminuindo a instabilidade na marcha mas tendendo a uma maior rigidez muscular e,

consequentemente, articular (COOK-SHUMWAY et al., 1995). Muitas vezes também, os idosos aumentam a largura entre os pés durante a marcha (OWINGS et al., 2004) fazendo com que o centro de massa não vá para frente, prevenindo assim as quedas. Owings et al. (2004) notaram que a significativa variabilidade da largura entre os pés durante a marcha, em idosos, pode levar a possibilidade de quedas. Ainda mais, o risco de quedas não se encontra na velocidade da marcha, mas sim na sua variabilidade, encontrada em maior escala nos idosos que já tem histórico de quedas (HERMAN et al., 2004). Outros estudos colocam que pessoas que têm o IMC menor que 25 têm maiores chances de ter um histórico de quedas (HONEYCUTT et al., 2002) e risco de fraturas no quadril (WHITING et al., 1998). Essas pessoas que têm histórico de quedas também têm menor velocidade e comprimento da passada comparado a idosos que nunca sofreram quedas (KERRIGAN et al., 2001; KEMOUN et al., 1999). Essa marcha mais conservadora acontece pois os idosos que têm histórico de quedas têm mais medo de cair novamente (HERMAN et al., 2004; TIDEIKSAR, 1996; HONEYCUTT et al., 2002). Isso fica mais evidente em mulheres, pois em geral, elas são três vezes mais suscetíveis a fraturas após as quedas comparadas aos homens (WHITING et al., 1998). Berg et al. (1997) relatou que todas as lesões registradas para as quedas na marcha em seu estudo ocorreram em mulheres.

Normalmente a maioria das quedas ocorre quando o idoso se encontra sozinho e dentro de casa (BERG et al., 1997; HONEYCUTT et al., 2002). Devido a essa frequência de acidentes foi feita uma estimativa anual nos EUA, onde foi relatado que são gastos cerca de U\$ 10 bilhões com lesões resultantes de quedas em idosos (SATTIN, 1992 citado por HONEYCUTT et al., 2002)². Então, é importante relatar que programas de exercícios que aumentam a força e flexibilidade, mantêm o peso e outras composições que são eficientes para a locomoção e melhoram o equilíbrio (SPIRDUZO, 1995; SKELTON et al, 2003; WOLF et al., 2003) e métodos profiláticos – para identificar a mobilidade dos idosos (TIDEIKSAR, 1996) e de prevenção contra acidentes (VERNON, 1999) – podem diminuir o número de quedas em idosos.

¹ Refere-se ao acontecimento das últimas duas quedas no período de um ano, onde uma das duas foi caminhando em uma superfície plana (KERRIGAN et al., 2001).

² SATTIN, R. Falls among older persons: a public health perspective. Ann. Ver. Public Health. V. 13, p. 489-508, 1992.

3.2. A FLEXIBILIDADE

A flexibilidade é resultado da interação de vários fatores como a capacidade flexível da articulação, capacidade extensível da musculatura e dos tendões, podendo ser definida como a habilidade de mover o corpo e suas partes dentro dos seus limites máximos sem causar danos nas articulações e nos músculos envolvidos (MARINS E GIANNICHI, 1998) ou como o grau de amplitude que uma ou mais articulações tem para desenvolver determinadas tarefas (ACSM, 1998). Relacionando ao movimento, a flexibilidade dinâmica é definida como a resistência de uma articulação durante o movimento (SEMENICK, 1994). Ela é mantida usando a articulação e participando de atividades físicas que alonguem os músculos ao longo desta articulação. O seu desuso leva ao encurtamento muscular, assim reduzindo a amplitude de movimento (SPIRDUZO, 1995) e aumentando a predisposição a lesões (SEMENICK, 1994). As maiores perdas em flexibilidade foram vistas na extensão posterior. Menores perdas são evidenciadas na flexão anterior. Isso se deve a poucas atividades onde são usadas as extensões posteriores, ao contrário da flexão anterior (SPIRDUZO, 1995). Uma adequada amplitude de movimento em todas as articulações do corpo é importante para manter um nível acessível de função músculo-esquelética em idosos (ACSM, 1995; SPIRDUZO, 1995).

Em se tratando do desenvolvimento da flexibilidade em idosos, o alongamento estático é o método mais comumente recomendado (ACSM, 1995) e usado em clínicas geriátricas (FELAND et al., 2001a). O alongamento estático envolve um risco de lesão muito baixo e requer pouco tempo e nenhuma assistência para executá-lo, sendo ainda bem eficiente. Ele envolve o alongamento lento da musculatura a um ponto onde o grau alcançado não pode causar dor, somente um suave desconforto e mantém a posição por um período determinado de tempo (usualmente entre 10 e 30 s), com 3 a 5 repetições para cada exercício. Outros autores também acreditam que o alongamento passivo, de 15 e 30 segundos, é mais eficiente que alongamentos de curta duração e tão efetivo como alongamentos de longa duração, sendo ainda, mais efetivo que o método dinâmico nos ísquio-tibiais (THACKER, 2004). Estudo como o de Feland et al. (2001a) afirma que o treinamento do alongamento estático de 60 seg. promove maiores ganhos na amplitude de movimento (2,4° por semana) comparando com os de 30 seg. (1,3° por

semana) e os de 15 seg. (0,6° por semana), persistindo o resultado por mais 4 semanas sem alterações. Feland et al. (2001a) afirmam que esse método também promove um maior relaxamento dos ísquios-tibiais (ou extensores da articulação do quadril). Bandy et al. (1994 e 1997) reforçam a importância do método estático, em especial dos extensores do quadril, mas relatam que o treinamento de alongamento desses músculos, 5x por semana durante 6 semanas em jovens, o alongamento de 30 seg., com uma repetição, é tão efetivo como os demais para melhorar a amplitude de movimento. O aumento do número de repetições ou duração do tempo de execução não aumenta mais a flexibilidade, sugerindo que o alongamento mais efetivo é o estático de 30 segundos (BANDY et al., 1994 e 1997). No entanto, Madding et al. (1987)³ citados por Bandy (1997) relataram que o alongamento de 15 seg. foi tão efetivo, em uma repetição, quanto o de 120 seg., mais especificamente para a melhora da amplitude de movimento passiva na abdução de quadril. A pesquisa de Hubley et al. (1984)⁴ citado por WIEMANN et al. (1997) reforçam a afirmação anterior relatando um aumento na amplitude de movimento após curtos tempos de alongamento em flexão e extensão de quadril.

Pouco se sabe sobre o tempo dura o comprimento músculo-tendíneo de uma articulação após a execução de uma sessão de exercícios de flexibilidade. Spornoga et al. (2001) executaram 5 sessões de exercícios de flexibilidade estática, que duraram em média 30 segundos, e avaliaram os sujeitos com 2, 4, 6, 8, 16 e 32 minutos de repouso absoluto. Concluíram que, em média, os efeitos dos exercícios persistiram até 6 minutos após o término do protocolo.

Mas independente do método ou tempo de alongamento, são inegáveis os benefícios que o alongamento produz em seu praticante. Alguns deles são citados por Allerheiligen (1994):

- Profundo aquecimento das fibras musculares;
- Aquecimento dos fluidos articulares, líquido sinovial e lubrificantes;
- Aumento da taxa respiratória;
- Aumento do volume sanguíneo em consequência do aumento dos batimentos cardíacos;
- Diminui as chances ou frequência das lesões;
- Ajuda a diminuir a inflexibilidade e dor após uma atividade física.

³ MADDING, S. W.; WONG, J. G.; HALLUM, A.; et al. Effects of duration or passive stretching on hip abduction range of motion. **Journal Orthopedic Sports Phys. Ther.** v. 8, p. 409-416, 1987.

⁴ HUBLEY, C. L.; KOZEY, J. W.; STANISH, B. D. The effects of static stretching exercise and stationary cycling on range of motion at the hip joint. **Journal Orthop. Sports Phys. Ther.** v. 6, p. 104-109, 1984.

Mas para que estes resultados tenham um efeito mais otimizado e duradouro, um programa para melhorar a flexibilidade deve ser feito de maneira constante (ACSM, 1998; FELAND et al., 2001a) e com exercícios que aumentam a circulação sanguínea do músculo, ou seja, os exercícios de aquecimento (WIEMANN et al., 1997). Pois, o alongamento mais efetivo ocorre quando o músculo está aquecido (BAECHLE, 1994).

Muito dos resultados encontrados acerca da flexibilidade podem ter uma importância ainda maior quando relacionados ao avanço da idade.

3.2.1. Relação entre envelhecimento e flexibilidade.

Encurtamentos musculares podem ter implicações dinâmicas na execução de movimentos, como a marcha. Essas limitações são muito visíveis em indivíduos idosos, que gradativamente perdem a flexibilidade natural da musculatura com o envelhecimento. Tal limitação é bastante vista e pesquisada nas articulações dos membros inferiores. Essa degradação da flexibilidade ocorre devido à diminuição da quantidade de água no músculo, orientação cristalina das fibras colágenas aumentada, calcificação e substituição de fibras elásticas por colágenas, portanto da deterioração dos tecidos conjuntivos periarticulares (ALTER, 1999; ACSM, 1998; PRINCE, 1997). Feland et al. (2001a) afirmam que o tecido conjuntivo é o maior fator que influencia a flexibilidade músculo-esquelética. Para se relacionar essas características à marcha, a articulação do tornozelo será tomada como exemplo: tal articulação desempenha um papel fundamental durante a marcha (JUDGE et al., 1996; WINTER, 1991; VIEL, 2001), sendo no *push-off*, dentro fase de apoio (para a propulsão da perna em contato com o solo) ou na fase aérea (onde evita que a parte anterior do pé entre em contato com o solo). Gajdosik (2004) relatou que a limitação da musculatura da panturrilha também é resultado das mudanças ocorridas nas articulações, ligamentos, tendões e pele, além da própria mudança ocorrida na estrutura muscular. Tal limitação pode fazer com que a marcha do idoso seja menos estável e eficiente comparado a de um jovem.

No intuito de que estes efeitos sejam minimizados, estudos foram feitos sobre a execução de exercícios de alongamento em idosos a curto e longo prazo. Quanto aos efeitos agudos da flexibilidade, Feland et al. (2001b) afirmam que os métodos de alongamento FNP e estático aumentam significativamente a flexibilidade e que uma

repetição de alongamento de ambos os métodos parece aumentar a amplitude de movimento do joelho (extensão) comparando com o não alongamento. Ferber et al. (2002) encontraram que três técnicas de execução do método FNP aumentam a amplitude de movimento do joelho (flexão) dos idosos, sendo executados uma vez durante 80 seg. Mas independente dos métodos, ambos tem efeitos agudos similares em mulheres com 65 anos ou mais (FELAND et al., 2001b). Outros resultados positivos, com estudos em longo prazo, foram encontrados por Brown et al. (2000) onde atividades de flexibilidade feitas em casa durante 3 meses por idosos frágeis melhoraram a amplitude de movimento passiva na flexão e rotação interna de quadril, flexão de joelho e dorsiflexão. Em estudo similar, Brown et al. (1993) relataram ganhos durante um programa de flexibilidade e força, em baixa intensidade, nas variáveis de amplitude de movimento, força e resistência do quadríceps que foi mantido através do treinamento de exercícios que combinam as três valências físicas, os exercícios de *endurance*. Sendo assim, essa melhora fica mais evidente quando os exercícios de flexibilidade, associados a outros exercícios físicos, são feitos em grupos de idosos mais específicos: como em mulheres obesas, onde diversas variáveis tiveram significativas melhorias através desta prática (GRANT et al., 2004), ou homens que praticam golfe, que aumentaram sua performance no esporte (THOMPSON et al., 2004). Além disso, idosos que praticam constantemente atividades que estimulam o alongamento muscular, como o Tai Chi Chuan (LAN et al., 1996; HONG et al., 2000; WOLF et al., 2003) e o Tae Kwon-Do (BRUDNAK et al., 2002), têm por consequência, melhores níveis de flexibilidade comparando com idosos sedentários ou àqueles que têm um nível habitual de atividade física (RONSKY et al., 1995). Isso fica mais evidente no estudo feito por King et al. (2002), onde idosos que tinham um treinamento supervisionado de atividades físicas, incluindo os exercícios de alongamento, melhoraram diversas variáveis, dentre elas, a flexibilidade, mas à medida que os exercícios deixavam de ter a supervisão direta, houve, em hipótese, um abandono das atividades fazendo com que o nível de performance física caísse.

Mas muitas vezes este desenvolvimento da flexibilidade está associado somente ao aumento da amplitude de movimento passiva das articulações, fazendo com que poucos estudos tenham a incumbência de pesquisar a relação entre o treinamento da flexibilidade e a melhora na amplitude de movimento dinâmica, mais especificamente na marcha.

3.2.2. Fatores que influenciam a flexibilidade.

Existem dois tipos de fatores que podem influenciar a flexibilidade: os fatores endógenos, relacionados à pessoa, e os fatores exógenos, relacionados ao ambiente e exercícios propostos.

Dentre tantos fatores, foram explicitados por Allerheiligen (1994) e Dantas (1999) os que são de interesse deste estudo:

Idade – Quanto mais velha a pessoa, menor a sua flexibilidade. Os tendões e as fáscias musculares são particularmente susceptíveis de se espessarem devido à idade.

Sexo – A mulher é, em geral, mais flexível que o homem, por possuir tecidos menos densos.

Hora do dia – Ao acordar, todos os componentes plásticos do corpo estão em sua forma original devido às horas que o organismo esteve deitado, não sendo submetido à ação da gravidade no sentido longitudinal, mas sim no sentido transversal. Esse fato pode provocar uma resistência aos movimentos de maior amplitude que, por dependerem de um estiramento da musculatura e de execução de um arco articular expressivo, levam a deformação dos componentes plásticos envolvidos. Anexo a isso, existe a grande sensibilidade dos fusos musculares ao estiramento pela manhã. Por volta do meio-dia, tais fatores já foram contornados, e a flexibilidade atinge seus níveis normais.

Temperatura ambiente – O frio reduz a elasticidade muscular com óbvios reflexos sobre a flexibilidade. Inversamente, a temperatura ambiente alta acarreta uma elevação da temperatura corporal, com efeito, inibitório sobre os motoneurônios gama e conseqüente relaxamento da musculatura e aumento da flexibilidade.

Exercícios de aquecimento – Um exercício de aquecimento realizado a 60% do VO₂ máx., com duração de 5 a 20 minutos, é capaz de provocar um aumento de 2° a 3°C na temperatura corporal, causando os seguintes efeitos benéficos sobre a flexibilidade: diminuição da viscosidade dos líquidos orgânicos; aumento de 12% a 13% da espessura da cartilagem articular pela penetração de fluido; diminuição do tempo de transição entre os estados de contração e relaxação.

3.3. A MARCHA INFLUENCIADA PELA FLEXIBILIDADE

Um programa de exercícios de flexibilidade de forma planejada, intencional e regular, têm como principal função aumentar progressivamente a amplitude de movimentação de uma articulação ou de um grupo de articulações (ACSM, 1998). Kerrigan et al. (1998) sugerem que exercícios específicos para alongamento dos flexores de quadril podem melhorar a performance da caminhada. Tais exercícios de alongamento devem se estender ao joelho e tornozelo pois a falta de flexibilidade nestas articulações influencia o comprimento da passada na marcha (SPIRDUZO, 1995). Tais sugestões estão embasadas por Murray et al. (1969) onde seu estudo quantificou as três articulações durante a marcha e relatou que a amplitude dinâmica do quadril é menor em idosos, assim como a flexão plantar do tornozelo e a flexão de joelho na fase aérea.

Com relação a outras pesquisas que associam a amplitude de movimento dinâmica à flexibilidade, Roberts et al. (1999) fizeram um treinamento de 5 semanas de alongamento estático de 5 e 15 segundos nos membros inferiores, com uma amostra composta somente por pessoas jovens. Ele relatou que os grupos de 5 e 15 segundos não diferiram na comparação na ROM passiva, mas na ativa o grupo de 15 segundos mostrou significantes valores (ganho de $\pm 8,5^\circ$) comparando-os com o grupo de 5 segundos (ganho de $\pm 5^\circ$). Já em estudos recentes com a terceira idade, Brown et al. (2000) não encontraram melhoras significantes da marcha e no equilíbrio após 3 meses de alongamento sem supervisão direta do treinamento em idosos com fragilidade muscular. Kerrigan et al. (2003) analisaram as mudanças na marcha em idosos submetidos a um programa de alongamentos, regular, porém sem supervisão direta nas sessões de treinamento. Tal estudo foi desenvolvido com idosos, tendo um treinamento de 10 semanas com 47 pessoas no grupo de tratamento e 49 no de controle. No grupo de tratamento foram feitos exercícios em casa de extensão de quadril. O grupo de controle fez exercícios de adução de ombro. Ambos feitos 2 vezes por dia. Não foram encontradas diferenças entre os grupos quando observados a velocidade de caminhada, valores cinemáticos ou cinéticos. Houve uma pequena melhora no pico de extensão estática do quadril no grupo de tratamento comparado com o de controle. Uma modesta melhora, mas não estatisticamente significativa, ocorreu no pico de extensão dinâmica do quadril quando comparados os grupos, tanto na velocidade confortável quanto na rápida. A

inclinação anterior da pelve melhorou (diminuiu) de maneira não significativa no grupo de tratamento em ambas as velocidades. Especificamente, as modestas e similares melhoras na extensão tanto estática quanto dinâmica do quadril sugerem que a redução desta extensão do quadril, pela idade durante a marcha, é o resultado de uma tensão na flexão estática do quadril, do que uma consequência dinâmica (KERRIGAN, et al., 2003). Hunt et al. (1994a) também encontraram em seu estudo a existência de significativa diferença da flexibilidade entre mulheres adultas jovens e idosas, mas estas diferenças não foram associadas a amplitude de movimento, velocidade ou comprimento do ciclo durante a marcha.

4. METODOLOGIA

4.1. POPULAÇÃO/AMOSTRA

Foram recrutadas cinco mulheres saudáveis (média e desvio padrão; $67,0 \pm 3,8$ anos; $1,58 \pm 0,07$ m e $63,7 \pm 14,5$ Kg), da comunidade que consentiram em participar do estudo. Nenhum dos sujeitos apresentou problemas conhecidos que pudessem comprometer a marcha (ex., histórico recente de fraturas, cirurgias articulares, lombalgias ou qualquer outro tipo de dor articular ou muscular).

4.2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os sujeitos compareceram ao laboratório em uma única sessão e executaram todo o protocolo experimental. Os sujeitos caminharam no plano da forma mais natural possível por um período de três a cinco minutos em velocidade volicional. Após o período de caminhada, os sujeitos foram submetidos a uma série de exercícios de flexibilidade dos músculos extensores e flexores da articulação do quadril. Finalmente, os sujeitos caminharam novamente, durante o mesmo tempo e sob as mesmas condições do pré-teste que precederam a série de exercícios de flexibilidade.

Os parâmetros cinemáticos para a análise dos movimentos foram obtidos através de imagens coletadas em uma frequência de 50Hz, por uma câmera filmadora digital (JVC GRDVL 9.500 E), posicionada a aproximadamente 3m do hemicorpo direito, no plano sagital dos sujeitos. Os sujeitos não foram informados sobre o momento de início e fim das filmagens. O padrão da marcha antes (PRE) e após (POS) a sessão de flexibilidade foram determinados a partir de uma média agrupada de três ciclos da marcha, obtidos para cada condição experimental. O início e o fim de cada ciclo foi determinado por dois contatos consecutivos do mesmo calcanhar no solo. A temperatura externa foi controlada ao nível considerado ambiente pelo ar-condicionado do laboratório, assim como o horário das coletas, que ocorreram entre 14:00 e 16:00 h.

4.3. PROTOCOLO DO ALONGAMENTO

Após a execução da marcha PRE os sujeitos passaram por um aquecimento, caminhando em velocidade mais rápida que a habitual por um período de 5 minutos (ALLERHEILIGEN, 1994). Em seguida, foram submetidos a uma série de exercícios de flexibilidade do tipo estático para os músculos extensores e flexores de quadril em ambos os membros inferiores. O método de flexibilidade estático tem sido considerado como o mais adequado para os idosos (ACSM, 1995). Cada exercício teve duração de 30 segundos e foi repetido três vezes em ordem randômica. A descrição detalhada dos exercícios de flexibilidade encontram-se no anexo 1.

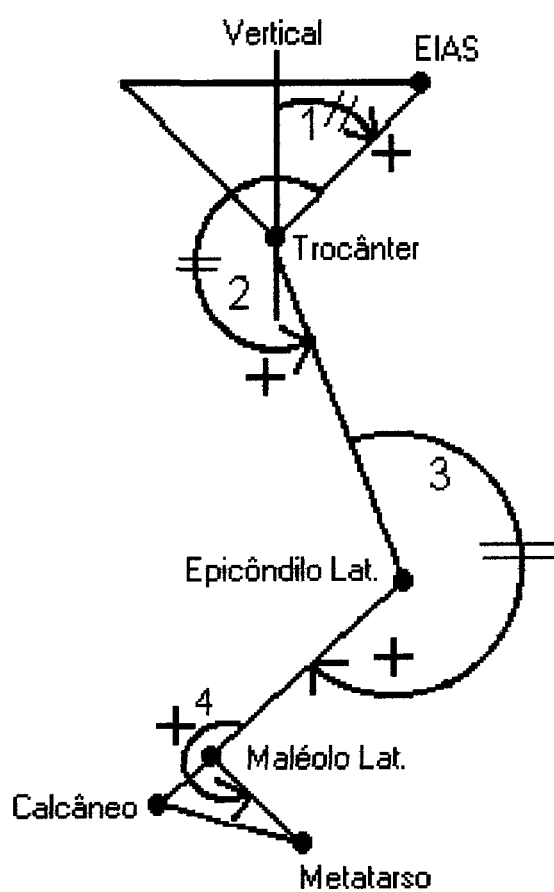
4.4. MODELO BIOMECÂNICO

Um conjunto de seis marcadores reflexivos foi aderido à pele e roupa por meio de uma fita adesiva dupla-face. Para facilitar a marcação e posterior processamento das marcas, os sujeitos vestiram uma roupa preta que ficou justa ao corpo dos sujeitos. O conjunto de marcas foi posicionado sobre os seguintes pontos anatômicos (Figura 1): espinha ilíaca ântero-superior (EIAS – ponto mais saliente da estrutura), trocânter maior (ponto mais saliente da estrutura após palpação), joelho (aspecto mais proeminente do epicôndilo lateral do fêmur), tornozelo (maléolo lateral da tíbia), aspecto lateral do calcâneo (projeção lateral externa da protuberância do calcâneo) e metatarso (ponto de maior saliência da articulação do 5º metatarso-falangeal). Todos os pontos foram identificados por um único experimentador, com os sujeitos na posição anatômica. As coordenadas cartesianas deste conjunto de pontos anatômicos foram utilizadas para a reconstrução do movimento, após terem sido filtradas com um filtro recursivo de 2ª ordem do tipo Butterworth, com uma frequência de 6 Hz (MILLS et al., 2001). Os dados foram digitalizados e filtrados através do software SIMI Motion (versão 6.1). Os pontos anatômicos acima descritos foram utilizados para definir os seguintes segmentos corporais: borda anterior da pelve (linha reta entre a EIAS e o trocânter maior), coxa (linha reta entre o trocânter e o joelho), perna (linha reta entre o joelho e o tornozelo), pé (linha reta entre o tornozelo e o 5º metatarso-falangeal). O modelo pode ser visualizado na Figura 1.

4.5. VARIÁVEIS DO ESTUDO

As variáveis dependentes do estudo utilizadas para a comparação da marcha nas condições experimentais envolveram a análise do pico e da amplitude articular de um número de parâmetros: inclinação da pelve (ponto de máxima inclinação do ângulo da borda anterior da pelve em relação a vertical), ângulo do quadril (resultado da soma do ângulo formado pela borda anterior da pelve e coxa), ângulo do segmento da coxa (resultado da soma do ângulo da pelve com o ângulo inverso do quadril subtraído por 180°), joelho (soma do ângulo formado entre os segmentos da coxa e da perna) e tornozelo (ângulo formado entre os segmentos da perna e pé). Além desses parâmetros da marcha, o comprimento da passada (distância entre dois contatos consecutivos do calcâneo) e a elevação do pé (altura mínima de separação do metatarso em relação ao solo) na fase de balanço foram analisados, mais especificamente no *mid-swing* (MILLS et al., 2001). Os ângulos da pelve, da coxa, do joelho e do tornozelo também foram analisados no momento do *mid-swing*. Os movimentos de inclinação anterior da pelve/flexão/dorsiflexão foram considerados como positivos (Figura 1), enquanto que os movimentos de inclinação posterior da pelve/extensão/flexão plantar como negativos (Winter, 1991). A tabela 1 apresenta as variáveis do estudo.

Figura 1 – Modelo biomecânico bidimensional



NOTA: 1 – ângulo de inclinação da pelve; 2 – ângulo do quadril; 3 – ângulo do joelho; 4 – ângulo do tornozelo.

Tabela 1 – Quadro resumo das variáveis cinemáticas da marcha

Abreviação	Variáveis da marcha
PIP	Pico de inclinação da pelve
AP _{ms}	Ângulo da pelve durante o <i>mid-swing</i>
PEQ	Pico de extensão da articulação do quadril
PFQ	Pico de flexão da articulação do quadril
AMQ	Amplitude de movimento do quadril
PEC	Pico de extensão do segmento da coxa
PFC	Pico de flexão do segmento da coxa
AC _{ms}	Ângulo do segmento da coxa durante o <i>mid-swing</i>
PFJ	Pico de flexão da articulação do joelho
ATMJ	Amplitude de movimento do joelho
AJ _{ms}	Ângulo do joelho durante o <i>mid-swing</i>
PFDT	Pico de dorsiflexão da articulação do tornozelo
ATMT	Amplitude de movimento do tornozelo
AT _{ms}	Ângulo do tornozelo durante o <i>mid-swing</i>
CP	Comprimento da passada
AMET	Altura mínima do metatarso em relação ao solo

4.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A análise estatística dos dados foi feita através de uma análise descritiva padrão de média e desvio padrão, além de uma análise inferencial não paramétrica de Wilcoxon para amostras pareadas. As análises foram realizadas através do software STATÍSTICA versão 5.5. O nível de significância de cada variável foi de $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

Os resultados das variáveis cinemáticas (média \pm desvio padrão) da marcha dos idosos nas condições de pré e pós-exercícios de flexibilidade são apresentados na tabela 2. Os valores dos ângulos da pelve e das articulações durante o *mid-swing* se encontram na tabela 3.

Tabela 2 – Variáveis cinemáticas de sujeitos idosos antes (PRE) e após (POS) uma sessão de exercícios de flexibilidade dos músculos flexores e extensores do da articulação do quadril.

Variáveis	Pré	Pós	P
PIP (graus)	6,5 \pm 5,5	1,7 \pm 3,8	0,04
PEQ (graus)	-10,3 \pm 2,8	-14,2 \pm 3,7	0,04
PFQ (graus)	20,8 \pm 5,3	16,1 \pm 2,9	0,04
PEC (graus)	-13,4 \pm 3,6	-14,3 \pm 1,9	0,22
PFC (graus)	20,5 \pm 2,3	21,4 \pm 1,7	0,22
PFJ (graus)	55,2 \pm 3,2	56,5 \pm 3,0	0,14
PFDT (graus)	9,8 \pm 4,9	10,5 \pm 6,7	0,69
CP (m)	0,93 \pm 0,12	0,98 \pm 0,12	0,08
AMET (cm)	2,1 \pm 0,01	2,7 \pm 0,03	0,04
AMQ (graus)	31,0 \pm 5,3	29,7 \pm 5,4	0,50
AMC (graus)	33,9 \pm 1,6	35,7 \pm 1,9	0,04
AMJ (graus)	54,8 \pm 2,3	57,0 \pm 3,2	0,04
AMT (graus)	19,2 \pm 3,9	19,1 \pm 4,8	0,50

Após os exercícios de flexibilidade, os sujeitos apresentaram uma diminuição do PIP de aproximadamente 5° ($p < 0,05$), como mostra a figura 2. O PEQ apresentou aumentos de 3,9° ($p < 0,05$) e PFQ uma redução de 4,7°, após a execução dos exercícios de flexibilidade (Figura 3). A AMQ permaneceu relativamente inalterada ($p > 0,05$). Entretanto, o PEC e o PFC (Figura 4), não mostraram ser suscetíveis ao protocolo de flexibilidade ($p > 0,05$). A AMC mostrou um aumento de 1,8° após a série de exercícios ($p < 0,05$).

Figura 2 – Média agrupada da variação angular da pelve (PIP) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.

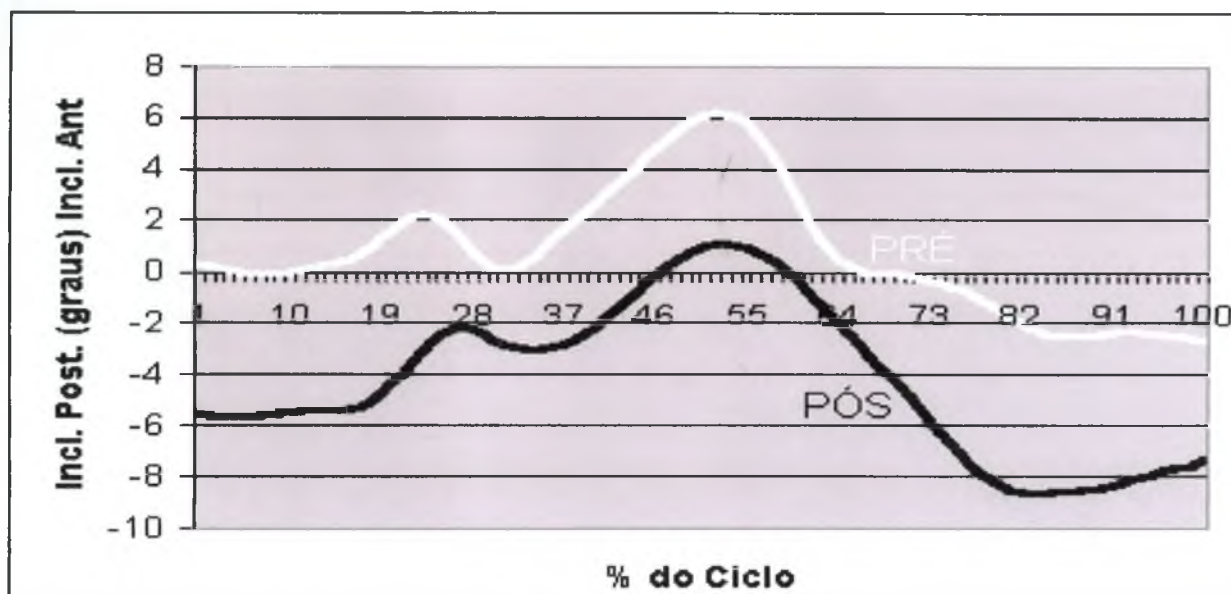


Figura 3 - Média agrupada da variação angular do quadril (PEQ e PFQ) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.

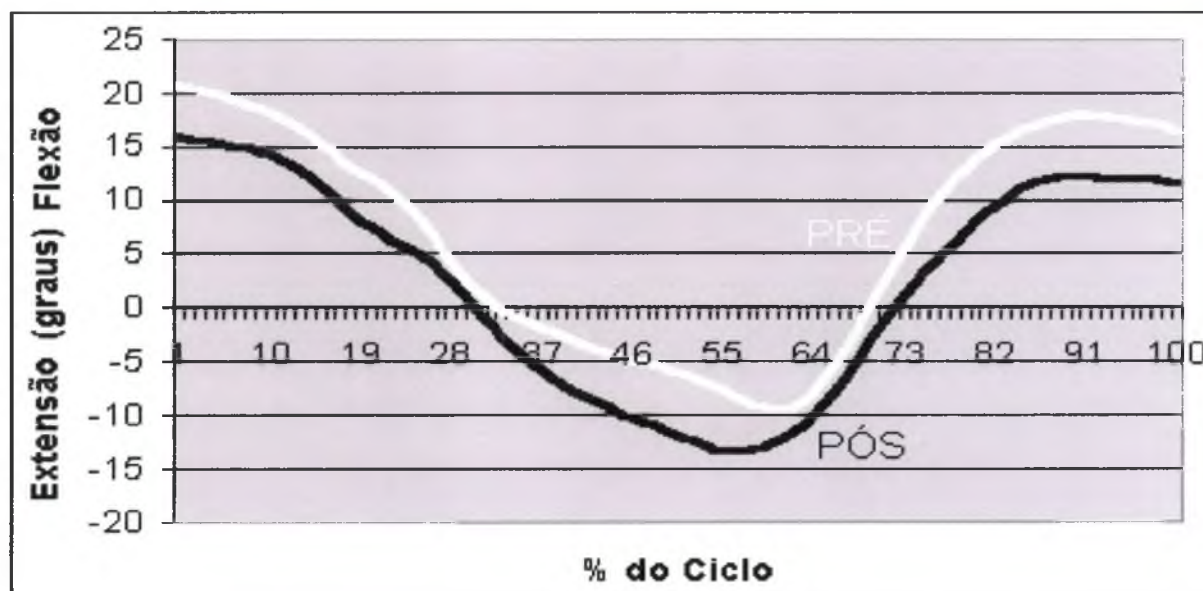
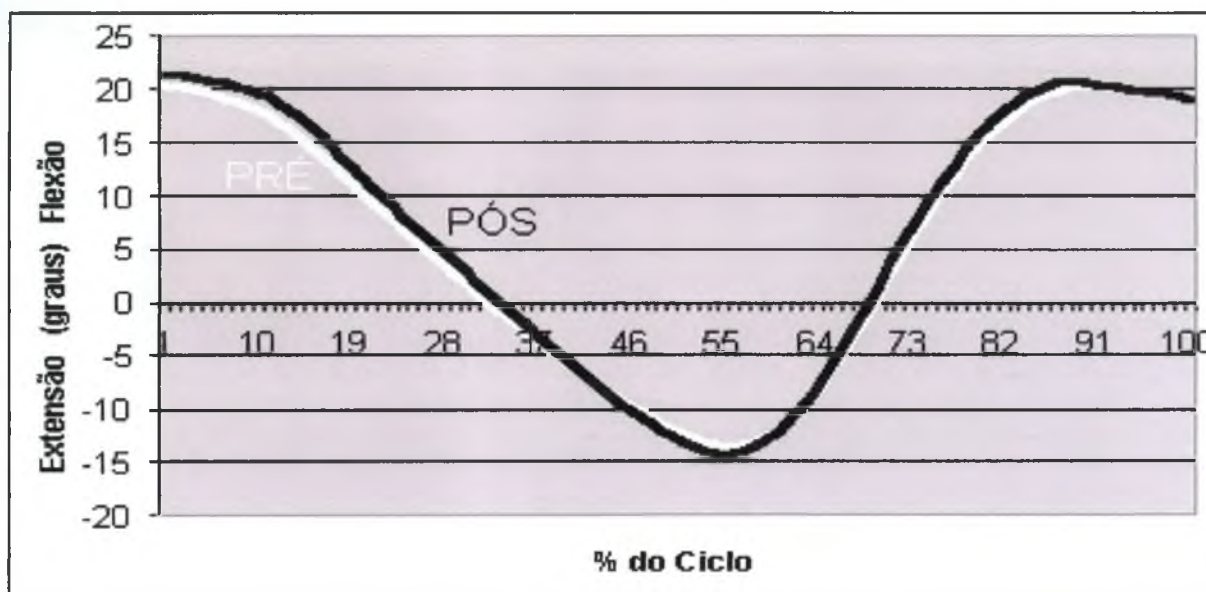


Figura 4 – Média agrupada da variação angular da coxa (PEC e PFC) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.



A PFJ (Figura 5) também não mostrou ser sensível aos exercícios de flexibilidade e apresentou variações de 1,3°, que não foram significativas ($p > 0,05$). A amplitude de movimento na articulação do joelho aumentou 2,2° ($p < 0,05$). Nenhuma variável ao nível da articulação do tornozelo, como mostra a figura 6, (PFDT e AMT) foi sensível ao protocolo experimental e permaneceram inalteradas ($p > 0,05$).

Figura 5 – Média agrupada da variação angular do joelho (PFJ e ATMJ) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.

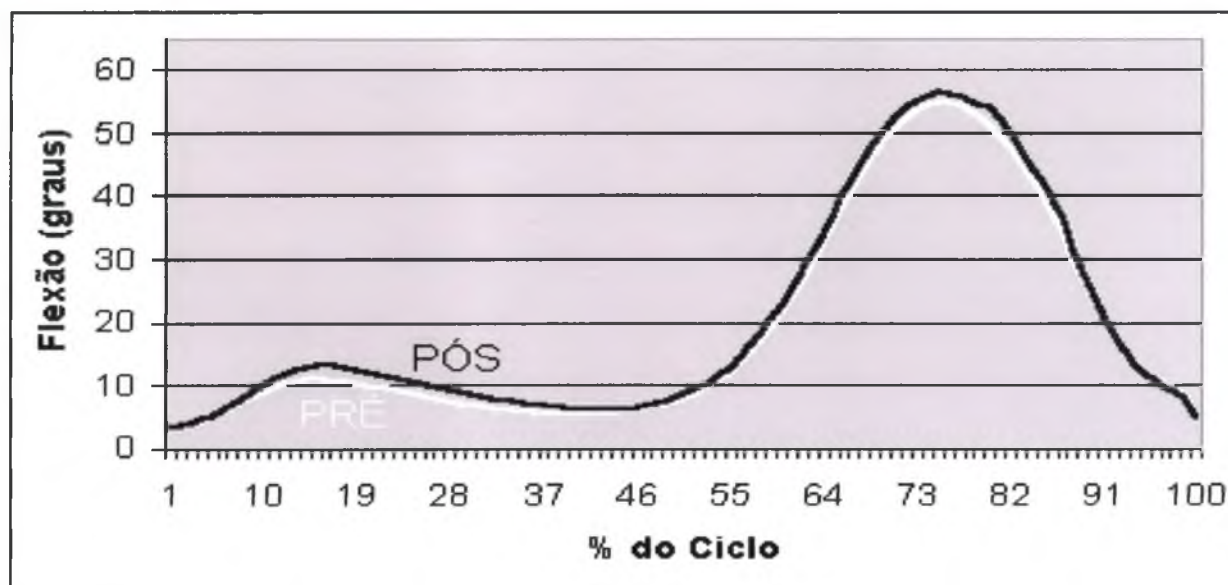
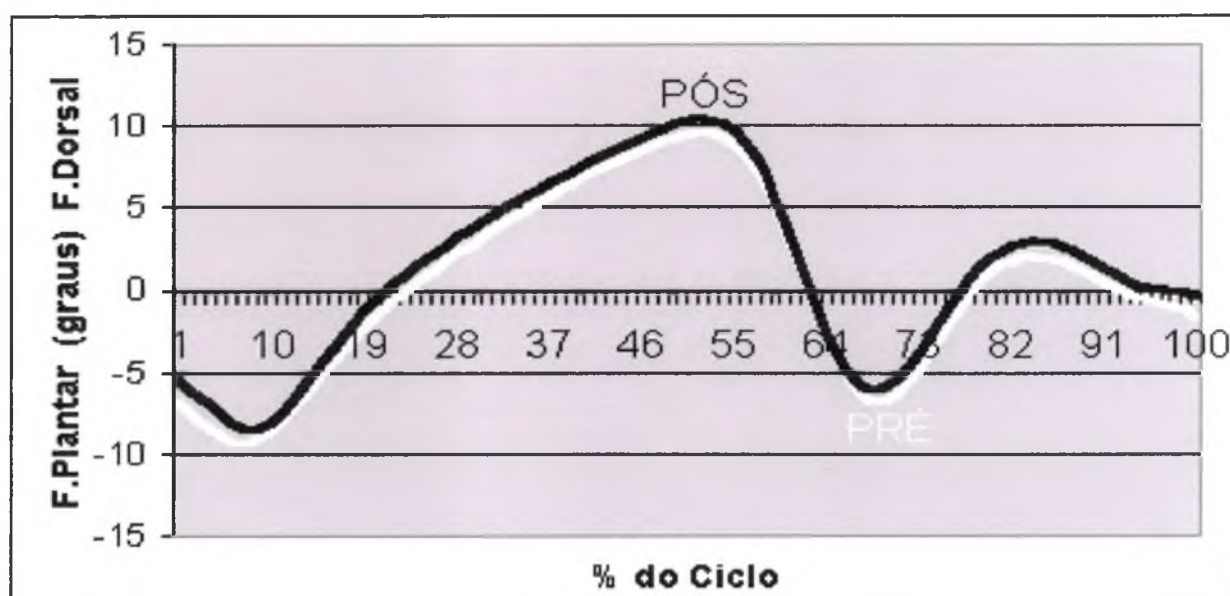


Figura 6 – Média agrupada da variação angular da articulação do tornozelo (PFDT e ATMT) antes (PRE) e após (POS) uma série de exercícios de flexibilidade.



O tamanho da passada (CP) não aumentou em função dos exercícios de flexibilidade ($p>0,05$). Todavia, a análise estatística revelou que as mudanças ocorridas no CP (0,05 m) foram bastante próximos ao nível de significância estabelecidos no estudo ($p=0,08$). A altura mínima de separação do pé ao solo (AMET) demonstrou aumentos significativos após os exercícios de flexibilidade (pré = $0,021 \pm 0,001$ m para $0,027 \pm 0,003$ m). No momento que a AMET foi calculada, durante a fase de *mid-swing*, o AP_{ms} obteve uma maior diminuição de sua inclinação anterior ($5,9^\circ$) e o AJ_{ms} um aumento ($2,0^\circ$) após a execução dos exercícios de flexibilidade ($p<0,05$). O AC_{ms} e AT_{ms} não obtiveram modificações ($p>0,05$) nas condições PRE e POS. Tais alterações estão representadas graficamente na Figura 2 e numericamente na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores (média \pm desvio padrão) dos ângulos da pelve (AP_{ms}), do segmento da coxa (AC_{ms}) e das articulações do joelho (AJ_{ms}) e tornozelo (AT_{ms}) durante o *mid-swing*.

Variáveis	Pré	Pós	P
AP_{ms} (graus)	$- 2,9 \pm 4,0$	$- 8,8 \pm 1,6$	0,04
AC_{ms} (graus)	$18,4 \pm 1,8$	$18,9 \pm 1,2$	0,69
AJ_{ms} (graus)	$43,3 \pm 7,1$	$45,3 \pm 6,4$	0,04
AT_{ms} (graus)	$1,9 \pm 3,6$	$3,0 \pm 4,8$	0,35

Nota: Valores negativos da AP_{ms} representam inclinação posterior da pelve.

6. DISCUSSÃO

A manutenção da habilidade de caminhar é importante para sujeitos idosos, pois constitui um elemento fundamental em todas as suas atividades diárias independentes (VIEL, 2001). A manutenção das funções normais da marcha é um fator determinante para a redução do risco de quedas entre idosos (HONEYCUTT et al., 2002; WOOLLACOTT et al., 2002; HERMAN et al., 2004). O presente estudo objetivou examinar a influência do efeito transiente de exercícios de flexibilidade sobre um conjunto de variáveis cinemáticas que descrevem a marcha. Os efeitos dos exercícios de flexibilidade sobre os grupos musculares não foram quantificados, porém alguns estudos (BANDY et al., 1994 e 1997; FELAND et al., 2001b; THACKER, 2004) que utilizaram rotinas similares àquela aplicada no presente estudo, demonstraram que essas atividades são efetivas e causam alterações sobre a amplitude dos músculos que cruzam as articulações do quadril e joelho. Em indivíduos idosos, espera-se que tais rotinas de flexibilidade tenham efeitos ainda mais pronunciados, visto que as reduções nas amplitudes articulares decorrentes de encurtamentos músculo-tendíneos em idosos são mais pronunciadas que em jovens (SHAGOLD, 1994; SPIRDUZO, 1995; PRINCE et al., 1997; FELAND et al., 2001a).

Independente do tipo, ou mesmo das características dos exercícios empregados na sessão de flexibilidade, tais exercícios foram satisfatórios para provocar alterações em um número de variáveis dinâmicas da marcha. Dentre as alterações induzidas pelos exercícios de flexibilidade, o aumento da altura do metatarso em relação ao solo (*foot clearance*) foi a mais importante. Aumentos na altura mínima de elevação do metatarso em relação ao solo são determinantes para a redução do risco de tropeços e quedas em idosos (WINTER, 1991 e 1992; WOOLLACOTT et al., 2002; BUZZI et al., 2003). Os valores da altura mínima de elevação do metatarso registrados antes dos exercícios de flexibilidade são compatíveis os dados populacionais reportados por Mills et al., (2001) que descreveram alturas de aproximadamente 0,02 m em uma população com faixa etária similar (68,9 anos) àquela empregada no presente estudo. Os ganhos na altura de elevação do metatarso em relação ao solo representaram um aumento de 28,5% e podem constituir um importante fator na redução no risco de quedas em populações de idosos. Estudos que tenham comparado esta variável em sujeitos

idosos após exercícios de flexibilidade não são conhecidos, portanto, não foi possível comparar os achados deste estudo com outros.

O aumento da altura mínima do metatarso não pode ser explicado por diferenças nos movimentos da articulação do tornozelo ou do quadril, que permaneceram inalteradas entre as condições experimentais, no instante em que a mínima elevação do metatarso foi quantificada. Portanto, a hipótese (H_6) que após os exercícios de flexibilidade, a menor inclinação anterior e maior flexão da articulação do joelho permite uma maior altura do pé em relação ao solo, foi aceita. Considerando que a do tornozelo não sofreu modificações importantes durante todo o ciclo da marcha POS, a hipótese H_4 foi aceita.

No presente estudo, o ângulo de flexão do joelho no instante do *mid-swing* foi similar aos valores reportados em estudos com idosos (MILLS et al., 2001), todavia a comparação do ângulo de inclinação anterior da pelve não foi possível pela falta de estudos que reportem esta variável no instante do *mid-swing*.

Os aumentos no pico de flexão e na amplitude de movimento do joelho após os exercícios de flexibilidade confirmaram a hipótese H_3 . Tanto a maior flexão durante a mínima altura do metatarso em relação ao solo, como a alteração na amplitude da articulação do joelho pode estar associada a uma menor resistência que os músculos flexores do joelho (ísqüio-tibiais) possam ter encontrado na fase de balanço da marcha. Aumentos no comprimento na unidade músculo-tendínea do músculo reto femoral decorrente dos exercícios de flexibilidade podem explicar tais aumentos, uma vez que melhorias na capacidade dos músculos flexores do joelho em mover esta articulação não são esperadas. Outros estudos são necessários para testar esta possibilidade. Tais alterações mostram que após os exercícios de flexibilidade, a menor amplitude dinâmica de flexão do joelho na fase aérea, fosse aumentada. Murray et al., (1969) aponta que a flexão do joelho é uma das limitações funcionais mais evidenciadas na marcha de idosos. Essa alteração fez com que a altura mínima do metatarso em relação ao solo durante o *mid-swing* também fosse influenciada.

As alterações ocorridas na pelve (pico de inclinação anterior) e na altura mínima do metatarso em relação ao solo sugerem que os músculos flexores da articulação do quadril sofreram alterações funcionais após os exercícios de flexibilidade. Tais achados possibilitaram aceitar a hipótese H_1 . Ao analisar o ângulo da coxa (Figura 4), que não sofreu alterações significativas (em torno de 1° para o

pico de flexão e extensão), conclui-se que os exercícios de flexibilidade afetaram mais pronunciadamente os músculos que controlam os movimentos de inclinação da pelve (ex. músculo ílio-psoas).

Acredita-se que o aumento no comprimento músculo-tendíneo do reto femoral e do ílio-psoas durante o *mid-swing* influenciou somente a articulação do joelho e o segmento da pelve, respectivamente, devido à necessidade da articulação do quadril trabalhar como um ponto de equilíbrio durante a execução da marcha. Sem isso, o movimento poderia acabar sendo executado com menos controle e maior instabilidade. Esse papel do quadril atuando como um eixo se explica na hipótese onde uma das inserções de ambos os músculos (as que influenciariam especificamente o quadril) atuasse como ponto mais fixo. A modificação encontrada no reto femoral após os exercícios de flexibilidade teve efeito somente no joelho, além da relação do quadril posta acima, pois esse músculo exerce menos influência sobre a flexão do quadril do que o músculo ílio-psoas, atuando mais vigorosamente sobre a extensão do joelho.

Como se trata de um estudo bidimensional, algumas variáveis cinemáticas não podem ser calculadas, como a inclinação lateral da pelve. Especula-se que além da menor inclinação anterior da pelve, o resultado positivo dos exercícios de flexibilidade proporcionou uma maior inclinação lateral de pelve no momento do *mid-swing*, fazendo com que a perna que está na fase aérea ficasse mais alta, aumentando a altura do metatarso em relação ao solo. Desta forma, a redução na limitação da inclinação posterior da pelve dos sujeitos idosos (causada pelo encurtamento dos músculos flexores do quadril) pode facilitar a execução do movimento, permitindo que os sujeitos elevem a altura de todo o membro inferior, produzindo um aumento na altura mínima do metatarso em relação ao solo. Futuros estudos necessitam avaliar a relação entre marcha e exercícios de flexibilidade em um plano tridimensional.

Em geral, os reduzidos valores encontrados no pico de extensão do quadril em idosos em comparação a sujeitos jovens, tem sido associados a um aumento na inclinação anterior da pelve (WINTER, 1991; RILEY et al., 2001). Aumentos no pico de extensão do quadril e na inclinação da pelve indicam uma redução no comprimento funcional da unidade músculo-tendínea (“contratura”) dos músculos flexores que atuam ao redor do quadril e têm sido descritas como decorrentes do processo de envelhecimento (Kerrigan et al., 2001). O presente estudo demonstrou

que rotinas de flexibilidade podem modificar de maneira transiente o comprimento da unidade músculo-tendínea dos flexores do quadril e produzir um maior ângulo de extensão da articulação, confirmando a H₂. Comparando as figuras 2 e 4, vê-se que as alterações ocorridas na articulação do quadril (Figura 3) estão, em grande parte, associadas a menor inclinação anterior da pelve, que rodou em sentido anti-horário diminuindo o ângulo de flexão e extensão desta articulação. Esse fato pode ser explicado, pois outros estudos mostram que, mesmo de maneira não significativa, os adultos jovens apresentam uma maior extensão e menor flexão do quadril (KERRIGAN et al., 1998 e 2001). Kerrigan et al., (2001) têm reportado aumentos de 5° no ângulo de extensão do quadril em idosos saudáveis quando comparados a sujeitos normais. Este ângulo é ainda mais acentuado (9°) em idosos com histórico de queda. Portanto, é possível afirmar que rotinas de flexibilidade podem causar alterações no comprimento músculo-tendíneo fazendo com que os idosos apresentem padrões de marcha mais similares aos adultos jovens, reduzindo o risco de quedas associado à terceira idade.

Os resultados do presente estudo não confirmam os achados de Kerrigan et al., (2003), que realizaram uma rotina de exercícios de flexibilidade para os flexores do quadril durante 10 semanas em sujeitos idosos. Os resultados de Kerrigan et al., (2003) demonstraram uma tendência (não significativa) de redução da inclinação anterior da pelve, que resultaram em uma modesta melhora na extensão do quadril. A falta de controle sobre o protocolo de flexibilidade pode ter comprometido a efetividade do programa. Além disso, os exercícios utilizados no presente estudo não incluíram apenas os grupos musculares flexores, mas também os músculos extensores da articulação do quadril. Um maior comprimento músculo-tendíneo dos extensores do quadril pode facilitar o alcance do membro contra-lateral durante a fase de balanço e melhorar os aspectos dinâmicos da marcha, como a AMC e o PEQ. Isso fica claro quando as pesquisas relatam que a redução na extensão do quadril, em parte pela inclinação anterior da pelve, em especial no plano sagital (HIROSE et al., 2004), pode ser o mecanismo fundamental de diminuição do comprimento da passada da marcha em idosos (KERRIGAN et al., 2001 e 2003; RILEY et al., 2001). De fato, foi observada uma tendência dos sujeitos em demonstrarem uma amplitude do ciclo da marcha mais acentuada. Independente de o resultado ser quase significativo, a H₅ foi rejeitada.

Fica claro que os exercícios de flexibilidade do método estático com 30 segundos de duração feitos de maneira supervisionada e com uma avaliação posterior feita dentro do limite de recuperação músculo-tendínea (SPERNOGA et al., 2001) têm efeitos positivos, não só sobre a amplitude de movimento passiva das articulações (BANDY et al., 1994 e 1997; SPERNOGA et al., 2001), mas também sobre a marcha. Então, deve-se entender a importância da supervisão sobre a execução dos exercícios, pois como King et al. (2002) relata, a falta do mesmo causa a diminuição da adesão à atividade física e dos resultados conquistados. Além disso, não foi observado no estudo qualquer efeito negativo dos exercícios de flexibilidades sobre os sujeitos, pelo contrário, todos reportaram uma maior sensação de bem-estar após as sessões de flexibilidade.

Portanto, uma sessão de exercícios de flexibilidade feitos de maneira supervisionada em sujeitos idosos promoveu alterações significativas no comportamento da pelve, quadril, joelho e altura de separação do pé do solo, fazendo com que a marcha desta faixa etária seja executada de forma mais segura.

7. CONCLUSÃO

O estudo objetivou verificar o efeito transiente de uma sessão de exercícios de flexibilidade dos músculos extensores e flexores do quadril sobre a marcha de indivíduos idosos. De fato, marcha POS dos sujeitos apresentou menor PIAP, maior PEQ, AMC e AMJ. Mas o que fica de mais importante é que após os exercícios de flexibilidade, as idosas apresentaram uma maior altura de elevação do metatarso em relação ao solo (aumento de 28%). Portanto, os resultados mostram que logo após uma sessão de exercícios de flexibilidade, os sujeitos idosos executaram a marcha de maneira mais segura fazendo com que quedas, provenientes principalmente de tropeços, possam ser reduzidas.

Entende-se que os exercícios de flexibilidade tiveram efeitos positivos sobre a marcha dos idosos pois foram ministrados até o real ponto de desconforto do sujeito. Caso contrário, corre-se o risco de não ter resultados efetivos após sua prática, pois para que haja modificações da estrutura músculo-tendínea a articulação deve se estender além de sua amplitude habitual de movimentação (ALTER, 1999; DANTAS, 1999). Além disso, a marcha POS foi executada dentro do prazo de seis minutos, tempo limite para que o comprimento músculo-tendíneo volte ao tamanho normal após os exercícios de flexibilidade (SPERNOGA et al., 2001). Como considerado pela literatura e confirmado nesse estudo, os exercícios feitos de maneira supervisionada proporcionam alterações significativas durante a marcha em idosos. Como dito anteriormente, a não supervisão dos mesmos faz com que o protocolo proposto não seja executado da maneira adequada e os resultados sejam menos expressivos.

Independente dos resultados positivos, não se sabe definir a influência de cada um dos exercícios de flexibilidade no conjunto total das alterações verificadas e se essas alterações aconteceriam significativamente se o protocolo fosse executado em longo prazo. Para que essas alterações provem ser permanentes, espera-se que futuros estudos sejam feitos com um grupo maior de sujeitos analisando tais efeitos dos exercícios de flexibilidade separadamente e/ou em longo prazo.

8. REFERÊNCIAS

ACSM. **ACSM'S GUIDELINES FOR EXERCISE TESTING AND PRESCRIPTION**. 5ª ed. PA, USA: Williams & Wilkins, 1995.

ACSM. **POSITION STAND: Exercise and physical activity for older adults**. Medicine and Science in Sports and Exercise. 30(6), 1998.

ALLARD, P.; STOKES, I.A .F.; BLANCHI, J-P. **THREE-DIMENSIONAL ANALYSIS OF HUMAN MOVEMENT**. Illinois: Human Kinetics. 1995.

ALLERHEILIGEN, W. B. Stretching and Warm-up. In: BAECHLE, T. R. **Essentials of strength training and conditioning**. Illinois: Human Kinetics. 1994. p. 289-313.

ALTER, M. J. **CIÊNCIA DA FLEXIBILIDADE**. 2ªed. Porto Alegre: Artmed, 1999.

BAECHLE, T. R. **Essentials of strength training and conditioning**. Illinois: Human Kinetics. 1994.

BANDY, W. D.; IRION, J. M.; BRIGGLER, M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstrings muscles. **Physical Therapy**. V. 77, p. 1090-1096, 1997.

BANDY, W. D.; IRION, J. M. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstrings muscles. **Physical Therapy**. V. 74, p. 845 (54)-852 (61), 1994.

BERG, W. P., ALESSIO, H. M., MILLS, E. M. Circumstances and consequences of falls independent community-dwelling older adults. **Age and Aging**. v. 26, p. 261-268, 1997.

BROWN, M.; HOLLOSZY, J. O. Effects of walking, jogging and cycling on strength, flexibility, speed and balance in 60- to 72-year olds. **Aging**. v.5, p. 427-434, 1993.

BROWN, M.; SINACORE, D. R.; EHSANI, A. A.; BINDER, E. F.; HOLLOSZY, J. O.; KOHRT, W. M. Low-intensity exercise as a modifier of physical frailty in older adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 81, p. 960-965, 2000.

BROWN, L. A.; GAGE, W. H.; POLYCH, M. A.; SLEIK, R. J.; WINDER, T. R. Central set influences on gait: age-dependent effects of postural threat. **Exp. Brain Res**. v. 145, p. 286-296, 2002.

BUZZI, U. H.; STERGIOU, N.; KURZ, M. J.; et al. Nonlinear dynamics indicates aging affects variability during gait. **Clinical Biomechanics**. v.18, p.435-443, 2003.

COOK-SHUMWAY, A.; WOOLLACOTT, M. **MOTOR CONTROL: theory and practical applications**. Maryland, USA. Lippincott Williams and Wilkins: 1995.

DANTAS, E. H. M. **FLEXIBILIDADE: alongamento e flexionamento**. 4ed. Rio de Janeiro, RJ: Shape, 1999.

FELAND, J. B.; MYRER, J. W.; SCHULTHIES, S. S.; et al. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. **Physical Therapy**. v. 81, p. 1110-1117, 2001a.

FELAND, J. Brent; MYRER, J. W.; MERRILL, R. M. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. **Physical Therapy In Sport**. v. 2, p. 186-193, 2001b.

FERBER, R.; OSTERNIG, L. R.; GRAVELLE, D. C. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v. 12, p. 391-397, 2002.

GAJDOSIK, R. L.; LINDEN, D. W. V.; MCNAIR, P. J.; et al. Slow passive stretch and release characteristics of the calf muscles of older women with limited dorsiflexion range of motion. **Clinical Biomechanics**. [s.v.], [s.p.], 2004.

GRANT, S.; TODD, K.; AITCHISON, T. C.; KELLY, P.; et al. The effects of a 12-week group exercise programme on physiological and psychological variables and function in overweight women. **Public Health**. v.118, p. 31-42, 2004.

HERMAN, T.; GILADI, N.; GUREVICH, T.; HAUSDORFF, J. M. Gait instability and fractal dynamics of older adults with a "cautions" gait: why do certain older adults walk fearfully? **Gait Posture**. [s.v.], n. 1-8, 2004.

HIROSE, D.; ISHIDA, K.; NAGANO, Y.; et al. Posture of trunk in the sagittal plane is associated with gait in community-dwelling elderly population. **Clinical Biomechanics**, v. 19, p. 57-63, 2004.

HONEYCUTT, P. H.; RAMSEY, P. Factors contributing to falls in elderly men living in the community. **Geriatric Nursing**. v. 23, p. 250-257, 2002.

HUNT, Adrienne E.; DAVIS, Glen M.; LLOYD, David G.; SVENSSON, Noel L.. Assessments of joint flexibility and gait kinematics in young versus elderly women. **Journal of Biomechanics**. v. 27, Issue 6, p. 803, 1994a.

HUNT, Adrienne E.; DAVIS, Glen M.; LLOYD, David G.; SVENSSON, Noel L.. Gait characteristics and joint ranges of motion in young versus elderly women. **Journal of Biomechanics**. v. 27, Issue 6, p. 803, 1994b.

JUDGE, J. O.; UNDERWOOD, M.; GENNOSA, T. Exercise to improve gait velocity in older persons. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 74, p.400-6, 1993.

JUDGE, J. O.; DAVIS, R.B.; OUNPUU, S. Age associated reduction in step length: testing the importance of hip and ankle kinetics. **Journal of Gerontology Med. Science**. v. 51, p. 303-312, 1996.

KANAVAGH, J. J.; BARRETT, R. S.; MORRISON, S. Upper body accelerations during walking in healthy young and elderly men. **Gait and Posture**. [s.v.], p. 1-8, 2004.

KEMOUN, G.; BENAÏM, C.; BLATT, J. L.; et al. Les strategies de marche peuvent-elles prédire les chutes chez les personnes âgées? **Ann. Réadaptation Méd. Phys.** v. 42, p. 125-135, 1999.

KENDALL, F. P.; MCCREARY, G. K.; PROVANCE, P. G. **MUSCLES: Testing and function**. 4^a ed. Maryland, USA: Williams & Wilkins, 1993.

KERRIGAN, D. C.; TODD, M. A.; CROCE, U. D. LIPSITZ, L. A.; COLLINS, J. J. Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: evidence for specific limiting impairments. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 79, p. 317-322, 1998.

KERRIGAN, D. C.; LEE, L. W.; COLLINS, J. J.; RILEY, P. O.; LIPSITZ, L. A. Reduced hip extension during walking: health elderly and fallers versus young adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 82, p. 26-30, 2001.

KERRIGAN, D. C.; XENOPOULOS-ODDSSON, A.; SULLIVAN, M. J.; et al. Effect of a hip flexor-stretching program on gait in elderly. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 84, p. 1-6, 2003.

KING, M. B.; WHIPPLE, R. H.; GRUMAN, C. A.; et al. The performance enhancement project: improving physical performance in older persons. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v.83, p.1060-1069, 2002.

LAN, C.; LAI, J. S.; WONG, M. K.; YU, M. L. Cardio-respiratory function, flexibility, and body composition among geriatric Tai Chi Chuan practitioners. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v.77, p. 612-616, 1996.

LAUGHTON, Carrie A.; SLAVIN, Mary; KATDARE, Kunal; NOLAN, Lee; BEAN, Jonathan F.; KERRIGAN, D. Casey; PHILLIPS, Edward; LIPSITZ, Lewis A.; COLLINS, James J. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. **Gait and Posture**. v. 18, p. 101-108, 2003.

LEE, L. W.; KERRIGAN, D. C.; CROCE, U. D. Dynamic implications of hip flexion contractures. **American Journal of Physical Medicine e Rehabilitation**. v. 76, p. 502-508, 1997.

MARINS, J. C. B.; GIANNICHI, R. S. **AVALIAÇÃO E PRESCRIÇÃO DE ATIVIDADE FÍSICA: Guia prático**. 2^a ed. Rio de Janeiro: Ed. Shape, 1998.

MILLS, P. M., BARRETT, R. S.. Swing phase mechanics of healthy young and elderly men. **Human Movement Science**, v. 20, p. 427-446, 2001.

MOTA, C. B.; LINK, D. M.; TEIXEIRA, J. S.. Análise cinemática do andar de crianças transportando mochilas. **Brazilian journal of biomechanics**. Rio Grande do Sul, n. 4, p. 15-20, 2002.

MURRAY, M. P.; KORY, R. C.; CLARKSON, B. H. Walking patterns in healthy old men. **Journal of Gerontology**. v. 24, p. 169-178, 1969.

ÖBERG, T. KARSZNIA, A., ÖBERG, K. Joint angle parameters in gait: Reference data for normal subjects, 10-79 years of age. **Journal of Rehabilitation Res. Device**. v. 31, p. 199-213, 1994;

OWINGS, T. M.; GRABINER, M. D. Variability of step kinematics in young and older adults. **Gait Posture**. [s.v.], p. 1-4, 2003.

OWINGS, T. M.; GRABINER, M. D. Step width variability, but not step length variability or step time variability, discriminates gait of healthy young and older adults during treadmill locomotion. **Journal of Biomechanics**. [s.v.], p. 1-4, 2004.

PRINCE, F.; CORRIVEAU, H.; HÉBERT, R.; WINTER, D. A. Gait in the elderly. **Gait Posture**. v. 5, p. 128-135, 1997.

PUGGAARD, L. Effects of training on functional performance in 65, 75 and 85 year-old women: Experience deriving from community based studies in Odense, Denmark. **Scand. Journal Med. Sci. Sports**. v.13, p.70-76, 2003.

RILEY, P. O.; DELLACROCE, U.; KERRIGAN, D. C. Effect of age on lower extremity joint moment contributions to gait speed. **Gait Posture**. v. 14, p. 264-270, 2001.

ROBERTS, J. M., WILSON, K. Effect of stretching duration on the active and passive range of motion in the lower extremity. **British Journal of Sports and Medicine**. v. 33, p. 259-263, 1999.

RONSKY, J. L.; NIGG, B. M.; FISHER, V. Correlation between physical activity and the gait characteristics and ankle joint flexibility of the elderly. **Clinical Biomechanics**. v.10, p.41-49, 1995.

SADEGHI, H.; PRINCE, F.; ZABJEK, K. F.; SADEGHI, S.; LABELLE, H. Knee flexors/ extensors in gait of elderly and young able-bodied men (II). **The Knee**. v. 9: p. 55-63, 2002.

SEMENICK, D. M. Testing Protocols and Procedures. In: BAECHLE, T. R. **Essentials of strength training and conditioning**. Illinois: Human Kinetics. 1994. P. 258-273.

SHAGOLD, M.; MIRKIN, G. **PHYSIOLOGY AND SPORTS MEDICINE**. 2 ed. Philadelphia: F. A. Davis Company, 1994.

SKELTON, D. A.; BEYER, N. Exercise and injury prevention in older people. **Scand. Journal Med. Sci. Sports**. v.13, p.77-85, 2003.

SPERNOGA, S. G.; UHL, T. L.; ARNOLD, B. L.; et al. Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. **Journal of Athletic Training**. v. 36, p. 44-48, 2001.

SPIRDUSO, W. W. **PHYSICAL DIMENSIONS OF AGING**. Illinois: Human Kinetics. 1995.

THACKER, S. B.; GILCHRIST, J.; et al. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. **Clinical Sciences**. [s.v.], p. 371-78, 2004.

THOMPSON, C. J.; OSNESS, W. H. Effects of an 8-week multimodal exercise program on strength, flexibility, and golf performance in 55- to 79-year-old men. **Journal of Aging Physical Activity**. v.12, p. 144-156, 2004.

TIDEIKSAAR, R. Preventing falls: how to identify risk factors, reduce complications. **Geriatrics**. v. 51, p. 43-53, 1996.

VERNON, M. S. Accidents in the elderly. In: GALLO, J. J.; BUSBY-WHITEHEAD, J.; RABINS, P. V.; et al. **REICHEL'S CARE OF THE ELDERLY: Clinical aspects of aging**. 5ª ed. Maryland, USA. Lippincott Williams and Wilkins: 1999. p. 739-748.

VIEL, E. **A MARCHA HUMANA, A CORRIDA E O SALTO: Biomecânica, investigações, normas e disfunções**. Paris: Masson, 2000. Trad. Maria Alice Farah Calil Antonio. Barueri: Manole, 2001.

WATELAIN, E.; BARBIER, F.; ALLARD, P.; et al. Gait pattern classification of healthy elderly men based on biomechanical data. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 81, p. 579-86, 2000.

WATELAIN, E.; DUJARDIN, F.; BABIER, F.; et al. Pelvic and lower limb compensatory actions of subjects in an early stage of hip osteoarthritis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 82, p. 1705-1711, 2001.

WHITING, W. C.; ZERNICK, R. F. **BIOMECHANICS OF MUSCULOSKELETAL INJURY**. Illinois, USA: Human Kinetics, 1998.

WIEMANN, K.; HAHN, K. Influences of strength, stretching and circulatory exercises on flexibility parameters of the human hamstrings. **International journal of Sports and Medicine**. v. 18, p. 340-346, 1997.

WINTER, D. A. **THE BIOMECHANICAL AND MOTOR CONTROL OF HUMAN GAIT: normal, elderly and pathological**. 2 ed. Waterloo: University of Waterloo Press, 1991.

WINTER, D. A. Foot trajectory in human gait: a precise and multifactorial motor control task. **Physical Therapy**. v. 72, p. 45-53, 1992.

WOLF, S. L.; BARNHART, H. X.; KUTNER, N. G.; et al. Selected as the best paper in the 1990s: Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of tai chi and computerized balance training. **Journal of American Geriatrics Society**. v.51, p.1794-803, 2003.

WOOLLACOTT, M.; SHUMWAY-COOK, A. Attention and control of posture and gait: a review of an emerging area of research. **Gait Posture**. v. 16: p. 1-14, 2002.

ZATSIORSKY, V. M. **KINEMATICS OF HUMAN MOTION**. Illinois, USA: Human Kinetics, 1998.

ANEXOS

ANEXO 1 – PROTOCOLO DOS EXERCÍCIOS DE FLEXIBILIDADE

Após a execução da marcha PRE, os sujeitos passaram por um aquecimento, caminhando em velocidade mais rápida que o habitual por 5 minutos (ALLERHEILIGEN, 1994), e logo em seguida, se submeteram à série de exercícios de flexibilidades dos músculos extensores e flexores de quadril, respectivamente, em ambos os membros inferiores, pois a execução do mesmo em uma perna não resulta na melhora da amplitude de movimento da outra (FELAND et al., 2001a), podendo então influenciar a marcha como um todo. Para o protocolo dos extensores de quadril, os sujeitos ficaram deitados, uma perna esteve estendida no chão, e a outra foi elevada de maneira estendida, flexionando o quadril, até o ponto de desconforto do sujeito. Para o protocolo dos flexores de quadril, o sujeito ficou deitado com a pelve apoiada na extremidade de uma maca, de tal forma que um dos membros inferiores ficasse suspenso, ao mesmo tempo em que o outro lado esteve flexionado e apoiado sobre uma mesa. Com a perna suspensa, o avaliador executou uma hiperextensão forçada do quadril e flexão de joelho. A duração dos exercícios de flexibilidade foi de 30 segundos cada sessão, repetindo 3 vezes cada exercício. Depois de terminado o procedimento, os sujeitos executaram a marcha POS.